



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110957504 B

(45)授权公告日 2020.09.08

(21)申请号 201911153362.3

H01M 8/04701(2016.01)

(22)申请日 2019.11.22

H01M 8/22(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01M 8/2483(2016.01)

申请公布号 CN 110957504 A

审查员 苏佳

(43)申请公布日 2020.04.03

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72)发明人 胡尊严 李建秋 徐梁飞

欧阳明高 宋金鹏

(74)专利代理机构 北京华进京联知识产权代理

有限公司 11606

代理人 魏朋

(51)Int.Cl.

H01M 8/04029(2016.01)

H01M 8/04082(2016.01)

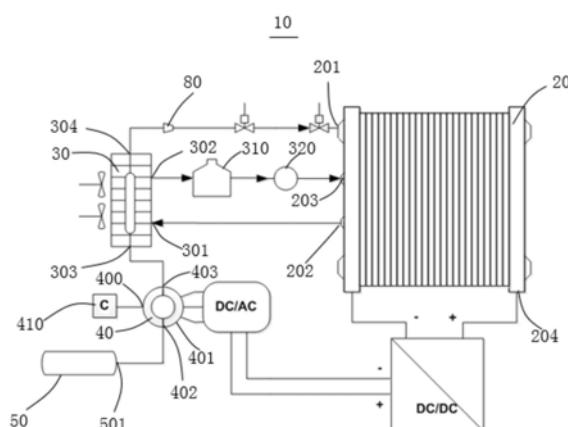
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

燃料电池动力系统

(57)摘要

本申请涉及一种燃料电池动力系统。所述燃料电池动力系统包括电池堆、电堆换热器、电机和液氢罐。所述燃料电池动力系统将液态氢直接作为热交换介质进入所述冷却壳，所述液态氢的温度升高，同时所述电机的温度降低至-150℃以下，让电机工作在超导状态。所述液态氢在作为换热介质进入所述电堆换热器吸收热量。所述燃料电池动力系统使得液态氢的气化效率更高，同时降低了电机的发热损耗。进一步的，所述燃料电池动力系统将液态氢直接作为热交换介质参与换热，无需额外设置换热器，实现轻量化设计。同时，所述系统采用单层液氢存储结构，进一步降低了系统重量。



B

CN 110957504

1. 一种燃料电池动力系统,其特征在于,所述燃料电池动力系统用于无人机,所述燃料电池动力系统包括:

电池堆(20),所述电池堆(20)包括氢气入口(201)、热水出口(202)、冷水进口(203)、电力输出口(204);

电堆换热器(30),所述电堆换热器(30)包括冷却液进口(303)、冷却液出口(304)、待冷液进口(301)和待冷液出口(302),所述待冷液进口(301)与所述热水出口(202)连通,所述待冷液出口(302)与所述冷水进口(203)连通;

电机(40),所述电力输出口(204)与所述电机(40)电连接,所述电机(40)包括冷却壳(401),所述冷却壳(401)包括第一进口(402)和第一出口(403);

液氢罐(50),所述液氢罐(50)包括液氢出口(501),所述液氢出口(501)与所述第一进口(402)连通,所述第一出口(403)与所述冷却液进口(303)连通,所述冷却液出口(304)与所述氢气入口(201)连通,所述液氢罐(50)为单层壳体结构。

2. 如权利要求1所述的燃料电池动力系统,其特征在于,还包括:

第一储液装置(310),连接于所述待冷液出口(302)与所述冷水进口(203)之间;

第一电子泵(320),连接于所述第一储液装置(310)与所述冷水进口(203)之间。

3. 如权利要求1所述的燃料电池动力系统,其特征在于,还包括:

第一减压阀(80),所述第一减压阀(80)设置于所述冷却液出口(304)与所述氢气入口(201)之间。

4. 如权利要求1所述的燃料电池动力系统,其特征在于,所述单层壳体结构的表面设置保温层。

5. 如权利要求1所述的燃料电池动力系统,其特征在于,所述电机(40)为超导电机,通过液氢冷却达到超导工作状态。

6. 一种燃料电池动力系统,其特征在于,所述燃料电池动力系统用于无人机,所述燃料电池动力系统包括:

电池堆(20),所述电池堆(20)包括氢气入口(201)、热水出口(202)、冷水进口(203)、电力输出口(204);

电堆换热器(30),所述电堆换热器(30)包括待冷液进口(301)和待冷液出口(302),所述待冷液进口(301)与所述热水出口(202)连通,所述待冷液出口(302)与所述冷水进口(203)连通;

电机(40),与所述电力输出口(204)电连接;

液氢罐(50),用于存储液态氢气,所述液氢罐(50)包括液氢出口(501),所述液氢罐(50)为单层壳体结构;

缓冲罐(60),所述缓冲罐(60)包括进液口(601)和出液口(602),所述进液口(601)与所述液氢出口(501)连通,所述出液口(602)与所述氢气入口(201)连通;

换热装置(70),包括闭环连通的第二储液装置(710)、第一换热器(720)、第二换热器(730)和第三换热器(740),所述第二储液装置(710)用于储存热交换介质,所述第一换热器(720)用于与所述缓冲罐(60)热交换,所述第二换热器(730)用于与所述电堆换热器(30)热交换,所述第三换热器(740),用于与所述电机(40)热交换。

7. 如权利要求6所述的燃料电池动力系统,其特征在于,还包括:

第一储液装置(310),连接于所述待冷液出口(302)与所述冷水进口(203)之间;

第一电子泵(320),连接于所述第一储液装置(310)与所述冷水进口(203)之间。

8. 如权利要求6所述的燃料电池动力系统,其特征在于,还包括:

第二电子泵(750),连接于所述第二储液装置(710)与所述第一换热器(720)之间,用于冷却介质循环。

9. 如权利要求8所述的燃料电池动力系统,其特征在于,所述第二电子泵(750)的出口与所述第一换热器(720)的入口连通。

10. 如权利要求6所述的燃料电池动力系统,其特征在于,所述换热装置(70)还包括第四换热器(760),所述第四换热器(760)连接于所述第二换热器(730)与所述第三换热器(740)之间,所述燃料电池动力系统(10)还包括:

电机控制器(410),所述电机控制器(410)与所述电机(40)的信号输入端(400)电连接,所述第四换热器(760)用于与所述电机控制器(410)交换热量。

燃料电池动力系统

技术领域

[0001] 本申请涉及电池技术领域,特别是涉及一种燃料电池动力系统。

背景技术

[0002] 燃料电池动力系统开始逐步替换传统的内燃机动力系统,应用于汽车、舰船、航空等交通运输设备。氢气是燃料电池系统的反应燃料,氢气携带量的多少决定了系统所能发出的总电能。尤其将燃料电池用于无人机、飞机等系统时,系统能量密度与功率密度对于无人机、飞机等系统总体性能十分关键。现有技术中,液氢汽化、燃料电池冷却、电机冷却、电机发热所消耗的能量大幅降低了系统效率,限制了续航里程的提高。

发明内容

[0003] 基于此,有必要针对怎样提高燃料电池动力系统能量利用效率的问题,提供一种燃料电池动力系统。

[0004] 一种燃料电池动力系统,包括电池堆、电堆换热器、电机和液氢罐。所述电池堆包括氢气入口、热水出口、冷水进口、电力输出口。所述电堆换热器包括冷却液进口、冷却液出口、待冷液进口和待冷液出口。所述待冷液进口与所述热水出口连通。所述待冷液出口与所述冷水进口连通。所述电力输出口与所述电机电连接。所述电机包括冷却壳。所述冷却壳包括第一进口和第一出口。所述液氢罐包括液氢出口。所述液氢出口与所述第一进口连通。所述第一出口与所述冷却液进口连通。所述冷却液出口与所述氢气入口连通。

[0005] 在一个实施例中,所述燃料电池动力系统还包括第一储液装置和第一电子泵。所述第一储液装置连接于所述待冷液出口与所述冷水进口之间。所述第一电子泵连接于所述第一储液装置与所述冷水进口之间。

[0006] 在一个实施例中,所述燃料电池动力系统还包括第一减压阀。所述第一减压阀设置于所述冷却液出口与所述氢气入口之间。

[0007] 在一个实施例中,所述液氢罐为单层壳体结构。

[0008] 在一个实施例中,所述电机为超导电机,通过液氢冷却达到超导工作状态。

[0009] 本申请实施例提供所述燃料电池动力系统包括电池堆、电堆换热器、电机和液氢罐。所述电池堆包括氢气入口、热水出口、冷水进口、电力输出口。所述电堆换热器包括冷却液进口、冷却液出口、待冷液进口和待冷液出口。所述待冷液进口与所述热水出口连通。所述待冷液出口与所述冷水进口连通。所述电力输出口与所述电机电连接。所述电机包括冷却壳。所述冷却壳包括第一进口和第一出口。所述液氢罐包括液氢出口。所述液氢出口与所述第一进口连通。所述第一出口与所述冷却液进口连通。所述冷却液出口与所述氢气入口连通。

[0010] 所述燃料电池动力系统使液态氢直接作为热交换介质进入所述冷却壳,吸收所述电机的热量,使得电机工作温度降低到-150°C以下,使得电机进入超导状态,避免了电机绕组发热损耗能量。所述液态氢在作为换热介质进入所述电堆换热器进一步吸收热量。所述

燃料电池动力系统避免了电机发热损耗与电机散热损耗，并将液氢气化耗能用于燃料电池冷却，大幅提高系统效率。进一步的，所述燃料电池动力系统使用液态氢直接作为热交换介质参与换热，无需额外设置换热器，实现轻量化设计。

[0011] 一种燃料电池动力系统包括电池堆、电堆换热器、电机、液氢罐、缓冲罐和换热装置。所述电池堆包括氢气入口、热水出口、冷水进口、电力输出口。所述电堆换热器包括待冷液进口和待冷液出口。所述待冷液进口与所述热水出口连通。所述待冷液出口与所述冷水进口连通。所述电机与所述电力输出口电连接。所述液氢罐用于存储液态氢气。所述液氢罐包括液氢出口。所述缓冲罐包括进液口和出液口。所述进液口与所述液氢出口连通。所述出液口与所述氢气入口连通。

[0012] 所述换热装置包括闭环连通的第二储液装置、第一换热器、第二换热器和第三换热器。所述第二储液装置用于储存热交换介质。所述第一换热器用于与所述缓冲罐热交换。所述第二换热器用于与所述电堆换热器热交换。所述第三换热器用于与所述电机热交换。

[0013] 在一个实施例中，所述燃料电池动力系统还包括第二储液装置和第一电子泵。所述第二储液装置连接于所述待冷液出口与所述冷水进口之间。所述第一电子泵连接于所述第二储液装置与所述冷水进口之间。

[0014] 在一个实施例中，所述燃料电池动力系统还包括第二电子泵。所述第二电子泵连接于所述第二储液装置与所述第一换热器之间。

[0015] 在一个实施例中，所述第二电子泵的出口与所述第一换热器的入口连通。

[0016] 在一个实施例中，所述换热装置还包括第四换热器。所述第四换热器连接于所述第二换热器与所述第三换热器之间。所述燃料电池动力系统还包括电机控制器。所述电机控制器与所述电机的信号输入端电连接。所述第四换热器用于与所述电极控制器交换热量。

[0017] 本申请实施例提供的燃料电池动力系统包括电池堆、电堆换热器、电机、液氢罐、缓冲罐和换热装置。所述电池堆包括氢气入口、热水出口、冷水进口、电力输出口。所述电堆换热器包括待冷液进口和待冷液出口。所述待冷液进口与所述热水出口连通。所述待冷液出口与所述冷水进口连通。所述电机与所述电力输出口电连接。所述液氢罐用于存储液态氢气。所述液氢罐包括液氢出口。所述缓冲罐包括进液口和出液口。所述进液口与所述液氢出口连通。所述出液口与所述氢气入口连通。所述换热装置包括闭环连通的第二储液装置、第一换热器、第二换热器和第三换热器。所述第二储液装置用于储存热交换介质。所述第一换热器用于与所述缓冲罐热交换。所述第二换热器用于与所述电堆换热器热交换。所述第三换热器用于与所述电机热交换。

[0018] 所述燃料电池动力系统通过所述第一换热器吸收液氢的冷量，热交换介质降温，同时液态氢气转变为气态氢气。所述气态氢气供所述电池堆反应生成电能。所述电池堆的电能为所述电机供电。所述电池堆在反应过程中产生热量。所述热量由循环水带入所述电堆换热器。低温的热交换介质先通过所述第二换热器为循环水降温，再通过所述第三换热器为所述电机降温，使所述电机高效工作。所述燃料电池动力系统通过所述换热装置实现内部冷量和热量互补，提高了所述燃料电池动力系统内部能量利用效率。进一步的，所述燃料电池动力系统减少了外部冷源和热源设置，实现轻量化设计。所述燃料电池动力系统使用间接冷却介质，与液态氢进行热交换加热，介质分别串联液氢、电机、电机控制器与燃料

电池,将各个部件发热的能量用于液氢气化,有效降低了系统散热与加热的能耗,使得系统效率更高。

附图说明

- [0019] 图1为本申请一个实施例中提供的所述燃料电池动力系统的电气原理图;
- [0020] 图2为本申请另一个实施例中提供的所述燃料电池动力系统的电气原理图。
- [0021] 附图标号:
 - [0022] 燃料电池动力系统10
 - [0023] 电池堆20
 - [0024] 氢气入口201
 - [0025] 热水出口202
 - [0026] 冷水进口203
 - [0027] 电力输出口204
 - [0028] 电堆换热器30
 - [0029] 待冷液进口301
 - [0030] 待冷液出口302
 - [0031] 冷却液进口303
 - [0032] 冷却液出口304
 - [0033] 第一储液装置310
 - [0034] 第一电子泵320
 - [0035] 电机40
 - [0036] 信号输入端400
 - [0037] 冷却壳401
 - [0038] 第一进口402
 - [0039] 第一出口403
 - [0040] 电机控制器410
 - [0041] 液氢罐50
 - [0042] 液氢出口501
 - [0043] 缓冲罐60
 - [0044] 进液口601
 - [0045] 出液口602
 - [0046] 换热装置70
 - [0047] 第二储液装置710
 - [0048] 第一换热器720
 - [0049] 第二换热器730
 - [0050] 第三换热器740
 - [0051] 第二电子泵750
 - [0052] 第四换热器760
 - [0053] 第一减压阀80

具体实施方式

[0054] 为使本申请的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本申请的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本申请。但是本申请能够以很多不同于在此描述的其它方式来实施，本领域技术人员可以在不违背本申请内涵的情况下做类似改进，因此本申请不受下面公开的具体实施的限制。

[0055] 本文中为部件所编序号本身，例如“第一”、“第二”等，仅用于区分所描述的对象，不具有任何顺序或技术含义。而本申请所说“连接”、“联接”，如无特别说明，均包括直接和间接连接(联接)。在本申请的描述中，需要理解的是，术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

[0056] 在本申请中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0057] 请参见图1，本申请实施例提供一种燃料电池动力系统10包括电池堆20、电堆换热器30、电机40和液氢罐50。所述电池堆20包括氢气入口201、热水出口202、冷水进口203、电力输出口204。所述电堆换热器30包括冷却液进口303、冷却液出口304、待冷液进口301和待冷液出口302。所述待冷液进口301与所述热水出口202连通。所述待冷液出口302与所述冷水进口203连通。所述电力输出口204与所述电机40电连接。所述电机40包括冷却壳401。所述冷却壳401包括第一进口402和第一出口403。所述液氢罐50包括液氢出口501。所述液氢出口501与所述第一进口402连通。所述第一出口403与所述冷却液进口303连通。所述冷却液出口304与所述氢气入口201连通。

[0058] 本申请实施例提供的所述燃料电池动力系统10将液态氢直接作为热交换介质进入所述冷却壳401，吸收所述电机40的热量，所述液态氢的温度升高，同时所述电机40的温度降低，使得电机温度逐步降低到-150℃以下，进入超导状态。所述液态氢在作为换热介质进入所述电堆换热器30吸收热量。所述燃料电池动力系统10使得所述液态氢两次吸热。所述液态氢的气化效率更高。进一步的，所述燃料电池动力系统10使液态氢直接作为热交换介质参与换热，无需额外设置换热器，实现轻量化设计。

[0059] 所述燃料电池动力系统10采用所述液氢罐50代替气态罐，使得整个系统单位质量上对应的储能增加。所述系统的储氢质量密度可以从5%提高到10%至15%水平。

[0060] 在一个实施例中，所述电机40用于驱动无人机飞行。

[0061] 在一个实施例中，所述电机40为超低温的准超导电机。电机的能量损耗主要由于内部铜损、铁损、机械损耗与杂散损耗造成的。对于无人机飞行等工作场景，电机转速相对较低，能量损耗主要以铜损为主。电机长时间工作，温度升高。电机内部的铜绕组的温度升高，内阻增大。电机发热损耗能量，工作效率降低。所述燃料电池动力系统10通过液态氢直接作为热交换介质为所述电机40降温至超导温度，降低了铜绕组内阻，进而提高所述电机

40的工作效率。

[0062] 在一个实施例中，所述燃料电池动力系统10还包括第一储液装置310和第一电子泵320。所述第一储液装置310连接于所述待冷液出口302与所述冷水进口203之间。所述第一储液装置310用于储存进入所述电池堆20的水。所述第一电子泵320连接于所述第一储液装置310与所述冷水进口203之间。所述第一电子泵320为循环水提供动力。

[0063] 在一个实施例中，所述燃料电池动力系统10还包括第一减压阀80。所述第一减压阀80设置于所述冷却液出口304与所述氢气入口201之间。所述第一减压阀80避免所述氢气的压力过高，保证所述电池堆20的安全运行。

[0064] 现有技术中，液氢存储罐采用双层的储罐储存液态氢，以满足绝热要求，保证安全。

[0065] 在一个实施例中，所述液氢罐50为单层壳体结构。所述燃料电池动力系统10应用于无人机。在飞行前，所述液氢罐50被补充液态氢。所述液氢罐50仅在飞行时储存。在无人机不飞行时，所述液态罐50不储存液态氢。因此，所述液态罐50并不用于运输。且在无人机飞行过程中，环境吸热气化的液氢被快速消耗。所述液氢罐50采用所述单层壳体结构，能够满足散热需求，适用于无人机飞行器这一特定场景。

[0066] 在一个实施例中，所述单层壳体结构的表面设置保温层。所述保温层减小热交换，减缓液氢汽化。

[0067] 针对所述燃料电池动力系统10，进行可行性分析：

[0068] 在一个实施例中，所述燃料电池动力系统10的综合效率为50%，系统发出 $1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 电能，对应产生 $1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 的废热。

[0069] 废热+电能总共消耗了 $2\text{ kW} \cdot \text{h}$ 的能量。按照每 1 kg 氢气 $33\text{ kW} \cdot \text{h}$ 电进行估算， $2\text{ kW} \cdot \text{h}$ 的能量相当于约 61 g 氢气的化学能。

[0070] 液态氢从所述液氢罐50到所述电池堆20应用需要经过相态转变和升温两个过程。

[0071] 相态转变过程中，相变吸热为 $3.93\text{ kW} \cdot \text{h/kg}$ 。 61 g 氢气需要约 $0.240\text{ kW} \cdot \text{h}$ 电能。

[0072] 升温过程中， 61 g 氢气从 20 K 上升到 293 K (20°C)。氢气的热容为 $14.3\text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ 。 61 g 氢气所需要的总能量为 $0.066\text{ kW} \cdot \text{h}$ 电能。

[0073] 综上可知，使用液氢时，提供 $1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 对外电能，氢气的总吸热量约为 $0.30\text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

[0074] 对于典型电机+电机控制系统，整体效率约为90%。每输入 $1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 能量，产生的废热约为 $0.1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

[0075] 因此，所述燃料电池动力系统10每对外输出 $1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 能量，燃料电池系统产生 $1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 的废热，电机系统产生 $0.1\text{ kW} \cdot \text{h}$ 废热，液氢系统总吸热 $0.3\text{ kW} \cdot \text{h}$ 。液氢总吸热量可以覆盖电机系统产热，也可以覆盖部分燃料电池系统产热。

[0076] 电机的能量损耗主要由于内部铜损、铁损、机械损耗与杂散损耗造成的。对于无人机飞行等工作场景，电机转速相对较低，能量损耗主要以铜损为主。电机长时间工作，温度升高。电机内部的铜绕组的温度升高，内阻增大。电机发热损耗能量，工作效率降低。所述燃料电池动力系统10通过液氢对所述电机40降温至超导工作环境，降低了铜绕组内阻，进而提高所述电机40的工作效率。

[0077] 只要系统开始工作，液氢就需要从换热系统吸热，同时降低电机温度。所述电机处于超导状态，提升所述电机输出效率。所述燃料电池动力系统10降低了大功率系统的散热

负担。进一步，所述燃料电池动力系统10中液氢吸热降低了散热参数的最大散热能力设计要求，减少了换热部件，减轻了系统重量。

[0078] 请参见图2，本申请实施例提供一种燃料电池动力系统10包括电池堆20、电堆换热器30、电机40、液氢罐50、缓冲罐60和换热装置70。所述电池堆20包括氢气入口201、热水出口202、冷水进口203、电力输出口204。所述电堆换热器30包括待冷液进口301和待冷液出口302。所述待冷液进口301与所述热水出口202连通。所述待冷液出口302与所述冷水进口203连通。所述电机40与所述电力输出口204电连接。所述液氢罐50用于存储液态氢气。所述液氢罐50包括液氢出口501。所述缓冲罐60包括进液口601和出液口602。所述进液口601与所述液氢出口501连通。所述出液口602与所述氢气入口201连通。

[0079] 所述换热装置70包括闭环连通的第二储液装置710、第一换热器720、第二换热器730和第三换热器740。所述第二储液装置710用于储存热交换介质。所述第一换热器720用于与所述缓冲罐60热交换。所述第二换热器730用于与所述电堆换热器30热交换。所述第三换热器740用于与所述电机40热交换。

[0080] 本申请实施例提供的所述燃料电池动力系统10通过所述第一换热器720吸收液氢的冷量，热交换介质降温，同时液态氢气转变为气态氢气。所述气态氢气供所述电池堆20反应生成电能。所述电池堆20的电能为所述电机40供电。所述电池堆20在反应过程中产生热量。所述热量由循环水带入所述电堆换热器30。低温的热交换介质先通过所述第二换热器730为循环水降温，再通过所述第三换热器740为所述电机40降温，使所述电机40高效工作。所述燃料电池动力系统10通过所述换热装置70实现内部冷量和热量互补，提高了所述燃料电池动力系统10内部能量利用效率。进一步的，所述燃料电池动力系统10减少了外部冷源和热源设置，实现轻量化设计。

[0081] 在一个实施例中，所述第一换热器720、所述第二换热器730和所述第三换热器740分别为换热铜管。

[0082] 所述电池堆20需要用气态的氢气作为反应物。所述第二储液装置710用于储存热交换介质。所述热交换介质在所述换热装置70内循环。所述第一换热器720缠绕于所述缓冲罐60的壳体的外表面。所述热交换介质通过所述第一换热器720吸收所述液氢罐50中液态氢的冷量。所述热交换介质的温度变低。所述第二换热器730缠绕设置于所述电堆换热器30。低温的所述热交换介质通过所述第二换热器730吸收所述电堆换热器30内介质的热量，为所述电堆换热器30内的介质降温。所述第三换热器740缠绕设置于所述电机40的表面。低温的所述热交换介质在进入所述第三换热器740，为所述电机40降温。

[0083] 在一个实施例中，所述燃料电池动力系统10还包括第二电子泵750。所述第二电子泵750连接于所述第二储液装置710与所述第一换热器720之间。所述第二电子泵750用于为所述热交换介质在管路中的流通提供动力。在一个实施例中，所述燃料电池动力系统10还包括第一储液装置310与第一电子泵320。所述第一储液装置310连接于所述待冷液出口302与所述冷水进口203之间。所述第一储液装置310用于储存进入所述电池堆20的冷却水，所述第一电子泵320为循环水提供动力。二者配合将燃料电池工作生成的热量带出，对燃料电池进行冷却，带出的热在所述电堆换热器30进行换热，循环维持燃料电池工作温度。

[0084] 在一个实施例中，所述换热装置70还包括第四换热器760。所述第四换热器760连接于所述第二换热器730与所述第三换热器740之间。所述燃料电池动力系统10还包括电机

控制器410。所述电机控制器410与所述电机40的信号输入端400电连接。所述第四换热器760用于与所述电机控制器410交换热量。所述第四换热器760用于降低所述电机控制器410降温。

[0085] 在一个实施例中，所述第二电子泵750的出口与所述第一换热器720的入口连通。所述热交换介质先进入所述第一换热器720吸收冷量，再顺次进入所述第二换热器730、所述第四换热器760和第三换热器740吸热。

[0086] 所述热交换介质在所述第一换热器720内吸收冷量。所述热交换介质将热量传递给所述缓冲罐60。所述缓冲罐60内的液氢温度升高气化。所述热交换介质的温度降低。

[0087] 低温的所述热交换介质先进入所述第二换热器730，用于为所述电堆换热器30内的水降温。所述电池堆20的循环水的温度比所述电机40的温度低。低温的所述热交换介质先进入所述第二换热器730，对所述电池堆20的循环水的降温效果更好。

[0088] 在应用中，所述热交换介质也可以先为所述电机40或所述电机控制器410降温，再为所述电池堆20的循环水降温。

[0089] 所述热交换介质还可以先为所述电机40、所述电机控制器410或所述电池堆20的循环水降温，升温后的所述热交换介质再对液氢加热。

[0090] 现有技术中，电池系统中采用双层的储罐储存液态氢，以满足绝热要求，保证安全。

[0091] 在一个实施例中，所述液氢罐50为单层壳体结构。

[0092] 所述燃料电池动力系统10应用于无人机。在飞行前，所述液氢罐50被补充液态氢。所述液氢罐50仅在飞行时储存。在无人机不飞行时，所述液态罐50不储存液态氢。因此，所述液态罐50并不用于运输。且在无人机飞行过程中，液氢吸热逐渐减少，同时液氢及时被系统反应消耗。所述液氢罐50采用所述单层壳体结构，能够满足强度要求。

[0093] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0094] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

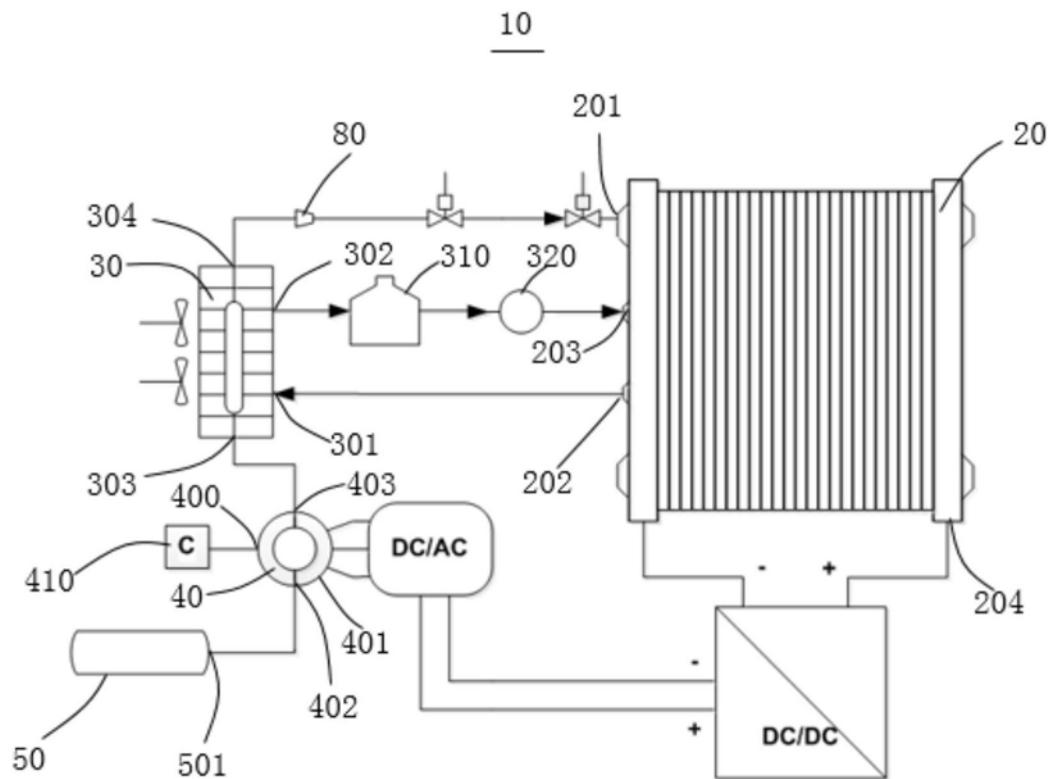


图1

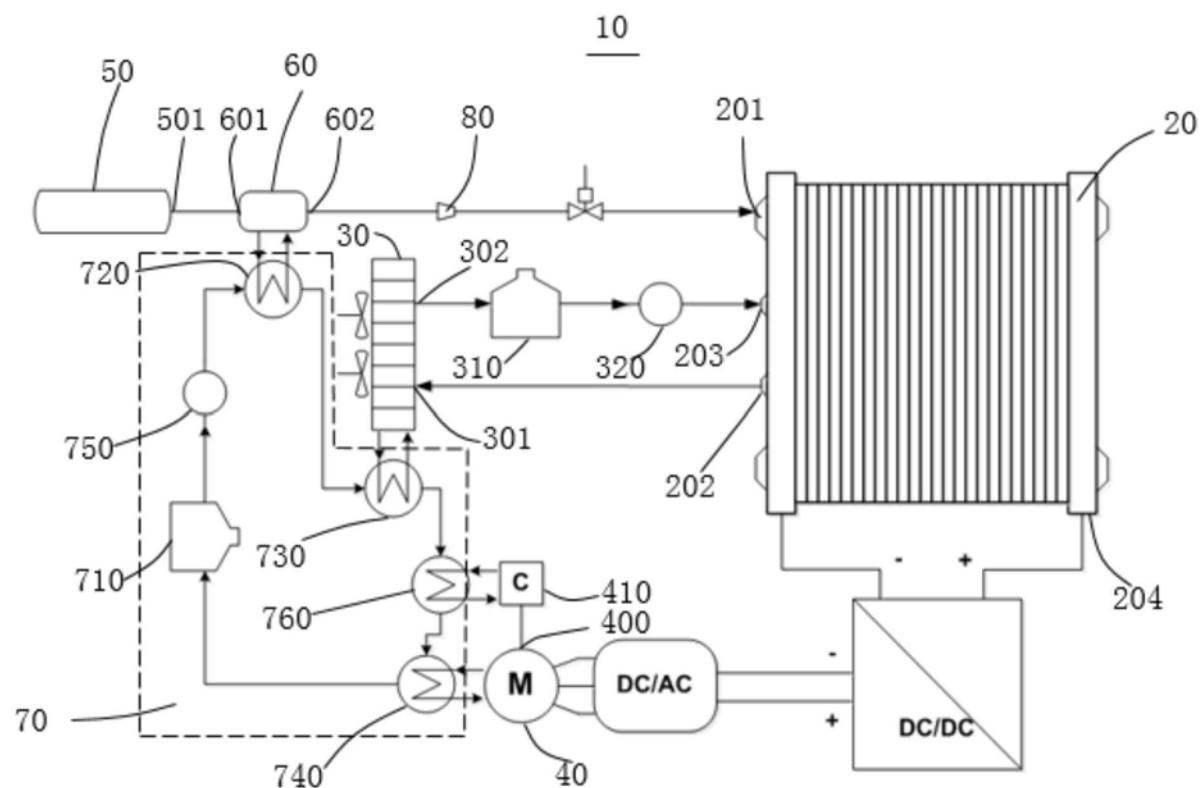


图2